

УДК 669.018.95

**Н.А. Дубинский, М.И. Жемчужный, В.И. Жидкевич**

## **Исследование влияния параметров процесса электролиза на свойства железных композиций**

В настоящее время все большее значение в технике приобретают композиционные материалы (КМ), получаемые путем совместного электрохимического осаждения металла и дисперсной фазы (ДФ) из электролитов-суспензий. Преимущества которых перед обычными покрытиями, полученными из тех же электролитов, не содержащих ДФ, хорошо известны [1]. КМ используются для изготовления оформляющих вставок литевых пресс-форм с требуемыми, заранее рассчитанными, распределением частиц и пористостью в объеме покрытия. Это позволяет обеспечить необходимые прочностные свойства вставок и скорость отвода тепла от поверхности отливки и снизить в ней внутренние напряжения. В то же время сведения о КМ, полученных электрохимическим способом, весьма ограничены [2].

Целью работы является исследование влияния параметров процесса электролиза на свойства композиционных материалов на основе железа.

Покрyтия получали из хлористого электролита железнения следующего состава, г/л: хлористое железо  $\text{FeCl}_2$ , 200-300; хлористый натрий 90-100; соляная кислота 2-3. В качестве дисперсной фазы в электролит вводили порошки оксида алюминия, каолина и силиката кальция в количестве 100 г/л. Осаждение проводили на установке, конструктивно состоящей из корпуса, в котором находятся теплоэлектронагреватели, с помощью которых поддерживалась необходимая температура электролита. Конструкция предусматривает возможность регулирования температуры от 20 до 100 °С для получения покрытий с заданным массовым содержанием в них частиц порошка. Контроль температуры осуществляется с помощью спиртового термометра со шкалой от 0 до 100 °С и ценой деления в один градус. Внутри корпуса расположена ванна объемом 15 л, где установлены катод и анод. В качестве катода служит модель. Перемешивание электролита осуществлялось с помощью лопастной мешалки, расположенной между анодом и катодом. В качестве электропривода использовали двигатель постоянного тока. Скорость вращения электродвигателя изменяли при помощи реостата путем подачи на него необходимого напряжения. Питание анода и катода происходило от широтно-импульсного модулятора, который позволяет подавать импульсный ток с регулируемым импульсом силы тока, как по значению амплитуды, так и по времени импульса, а также постоянный ток с регулируемой величиной силы тока от 0,1 до 100 А. Контроль силы тока проводили с помощью амперметра со шкалой от 0 до 100 А. Определение количества дисперсных частиц в композиционных материалах производили методом химического растворения металла матрицы. Нерастворимые частицы отделяли при помощи тонкопористого стеклянного фильтра Шотта. Электросопротивление исследовали с помощью моста Р-333. Исследование предела прочности КМ проводили на машине для проведения испытаний на растяжение МР-200 (ТУ 25-7703.01-86 ЭД).

Повышение плотности тока может как увеличивать так и уменьшать содержание дисперсной фазы в покрытии [3]. В ряде случаев наблюдается зависимость: объемное содержание наполнителя ~ плотность тока имеет экстремальный характер.

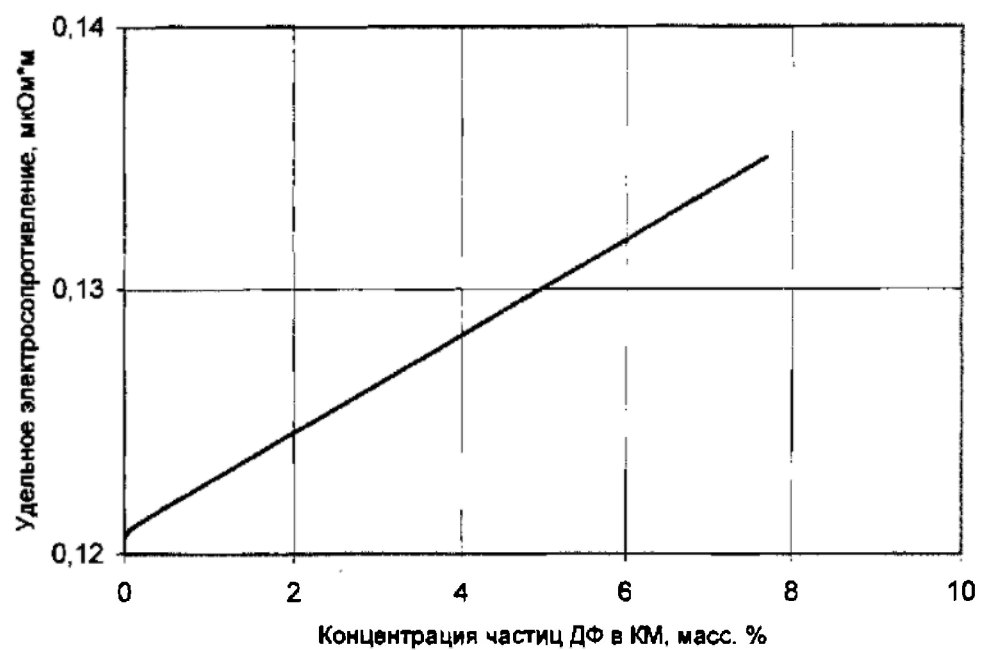
Осаждение КМ, как правило, проводили в 2 этапа: на первом этапе покрытие наращивали при небольшой плотности катодного тока (до 0,5 А/дм<sup>2</sup>), а на втором этапе – при заданной плотности тока. При этом электросопротивление покрытия постоянно увеличивается за счет увеличения содержания в нем неэлектропроводных частиц порошка и пористости и, следовательно, уменьшается плотность тока (рис. 1).

В качестве источника питания установки для осаждения КМ использовался широтно-импульсный модулятор, позволяющий стабилизировать плотность тока за счет изменения скважности импульсов тока.

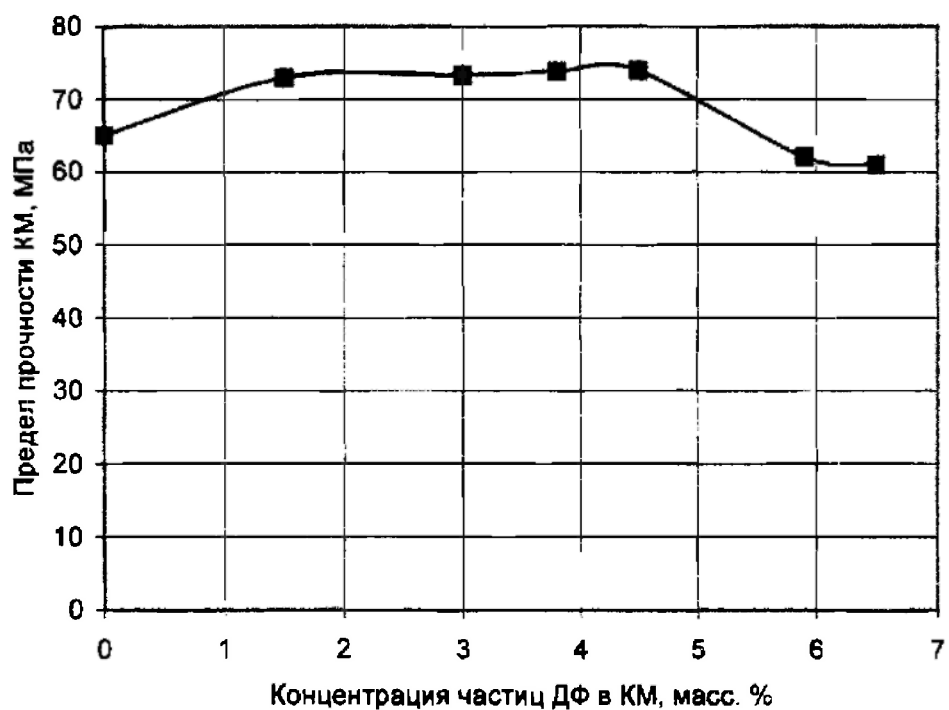
Исследования по определению прочности КМ с включениями частиц оксида алюминия представлены на рис. 2.

Экспериментально установлено, что прочность покрытия с увеличением содержания в нем частиц оксида алюминия, каолина и силиката кальция вначале повышается до 75 МПа, а затем наблюдается некоторое уменьшение исследуемого показателя до 50 МПа.

Таким образом, включение частиц дисперсной фазы в покрытие в небольших количествах (до 3-5 масс. %) влечет упрочнение металла матрицы за счет уменьшения включения в осадок соединений трехвалентного железа и соединений водорода, постоянного депассивирования катода частицами порошка и создания препятствий (в виде частиц порошка и пор) распространению трещин в покрытии.



**Рис. 1. Зависимость удельного электросопротивления КМ от содержания в нем частиц оксида алюминия**



**Рис. 2. Зависимость предела прочности КМ от содержания в нем частиц оксида алюминия**

Далее, с увеличением количества включений, увеличивается предел прочности металла матрицы, однако растет пористость покрытия и уменьшается удельная площадь металла от площади разрыва. В результате трещина проходит по соседним порам или местам контакта частиц ДФ и металла матрицы и, как следствие, прочность покрытия начинает уменьшаться.

Экспериментальные исследования включений частиц оксида алюминия в КМ представлены на рис. 3.

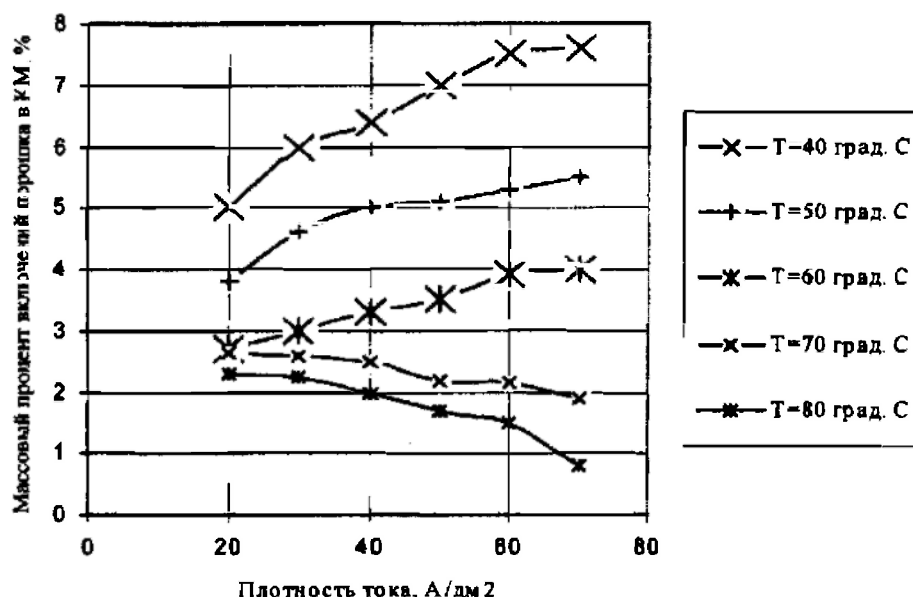


Рис. 3. Зависимость процента включений частиц оксида алюминия в КМ от плотности катодного тока при различной температуре электролита

Результаты проведенных исследований, показали, что повышение плотности тока с 20 до 80 А/дм² не всегда приводит к увеличению содержания частиц оксида алюминия, каолина и силиката кальция в покрытии. Так, если при температуре электролита 40 °С содержание частиц в покрытии увеличивается от 4,9 – 5,1 масс. процента ( $i = 20$  А/дм²) до 7,7 масс. процента ( $i = 70$  А/дм²), то при температуре электролита 80 °С содержание частиц в покрытии снижается от 2,1 – 2,3 масс. процента ( $i = 20$  А/дм²) до 0,6 – 0,8 масс. процента ( $i = 70$  А/дм²). Следует отметить, что увеличение температуры электролита от 40 до 80 °С приводит, по нашему мнению, к седиментации частиц крупных фракций в нижние слои электролита из-за уменьшения вязкости электролита (так, изменение температуры электролита от 40 до 80 °С ведет к изменению вязкости электролита от 1,3 до 1,1 МПа·с).

Исследование покрытий под микроскопом показало, что увеличение плотности тока от 20 до 80 А/дм² и уменьшение температуры электролита от 80 до 40 °С в КМ увеличивает количество частиц больших размеров.

Повышение температуры способствует более высоким скоростям подъема пузырьков водорода, омывающих катод и создающих барьер в виде вертикально направленного потока электролита, препятствующего сближению частиц с катодом; увеличению интенсивности броуновского движения (которое оказывает существенное влияние только на мелкие частицы); уменьшению зашлакачивания прикатодного слоя; изменению ионного состава электролита-суспензии; уменьшению катодной поляризации и адгезии частиц порошка к поверхности катода.

Повышение вязкости электролита-суспензии в значительной степени сказывается на включении частиц меньших размеров. Для простого случая можно вывести следующую зависимость:

$$\frac{mV^2}{2} = 6\pi\eta r l V, \quad (1)$$

где  $m$  – масса дисперсной частицы;  $V$  – скорость, с которой дисперсные частицы входят в неподвижный слой жидкости;  $\eta$  – вязкость жидкости;  $r$  – эквивалентный радиус частицы;  $l$  – расстояние, которое пройдет частица до полной остановки.

С учетом того, что  $m = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho$ , где  $\rho$  – плотность частицы дисперсной фазы, получаем:

$$l = \frac{r^2 V \rho}{9\eta}. \quad (2)$$

Таким образом, расстояние, проходимое в вязкой жидкости, больше для частиц большего диаметра, следовательно, частицы меньшего диаметра лучше включаются с повышением температуры.

Необходимо отметить, что предложенное гальваническое производство является экологически чистым. Отработанный хлористый электролит железнения после фильтрации утилизировали путем введения в него концентрированной серной кислоты. В результате получали железный купорос, который использовался в сельском хозяйстве в качестве инсектицида.

Исследовано влияние технологических факторов процесса электролиза на свойства железных композиций.

Гальваническое производство является экологически чистым.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Лесецкий С.С.** VII сессия научного совета по новым материалам МААН // Материалы, технологии, инструменты, 2002, № 2 (7). С. 103-106.
2. **Жемчужный М.И., Дубинский Н.А.** Теоретическое определение пористости композиционных материалов, полученных электрохимическим способом // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз-тэхн. навук, 2002, № 1. С. 9-10.
3. **Дубинский Н.А.** Исследование свойств композиций на основе железа // Современные проблемы машиноведения: Тезисы докладов международной научно-технической конференции (4-6 июля 2002 г., г. Гомель), УО «ГГТУ имени П.О. Сухого». С. 77-78.

## S U M M A R Y

*The influence of the temperature of the electrolyte and the density of the current on the properties composite materials are studied. It is established that the electric conductivity of the coatings constantly increase with an increase of not conducting electricity particles of powder content while and porosity. The strength of iron compositions is studied.*

*Поступила в редакцию 21.09.2002*